

パワーMOSFETの駆動について

岩本純一

シニアFAEマネージャー

MPSジャパン

2022年4月

MPS

岩本純一 – シニアFAEマネージャー



2017年–現在

- MPSにてシニアFAEマネージャーとしてパワーマネジメント製品を担当

2006–2017年

- テキサスインスツルメンツにて、パワーシステムデザインとフィールドアプリケーションエンジニアの業務に従事

2000–2006年

- TDKにて、ブリックコンバータ、TV用バックライトシステム、産機向け電源など、さまざまな電源を設計
- 同設計開発により、いくつかの論文、特許を取得

1995–2000年

- タムラ製作所にて、ロボット用充電器、航空機向け電源、バックライトシステム、探査衛星用電源設計などを経験

MOSFETの基本

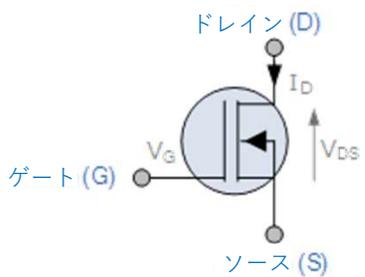
負荷を制御する:HブリッジとハーフHブリッジ

MOSFETスイッチング速度の影響

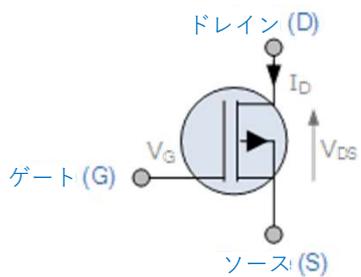
MOSFET回路

サマリー

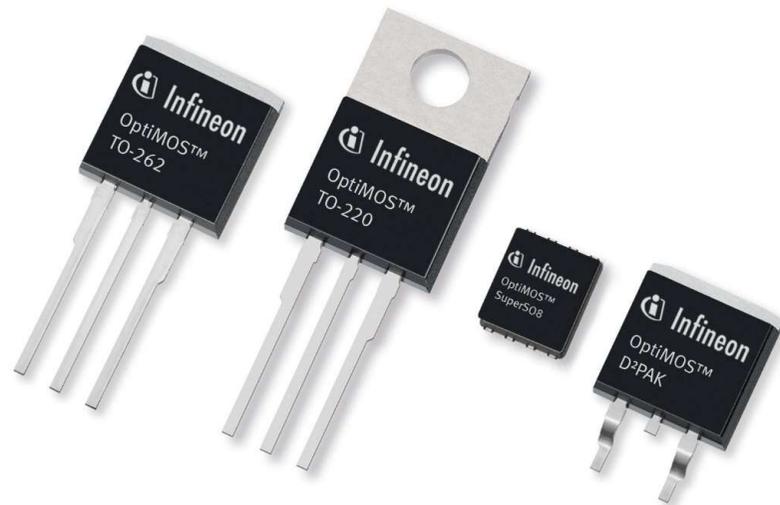
パワー-MOSFET



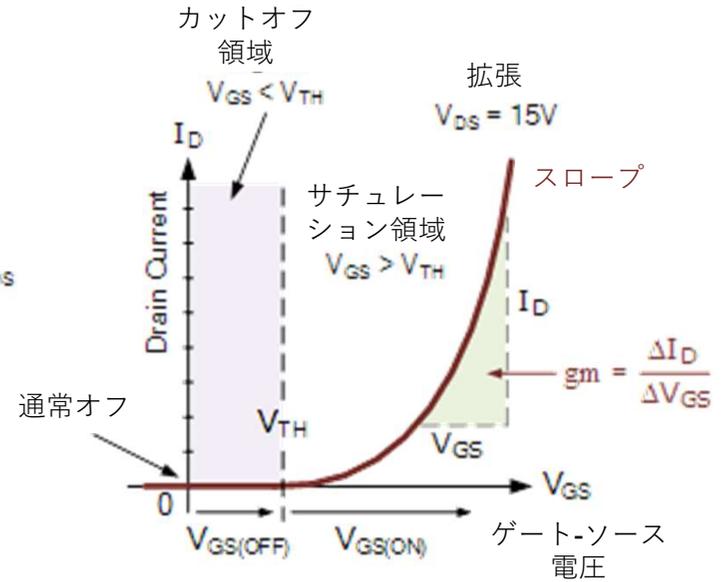
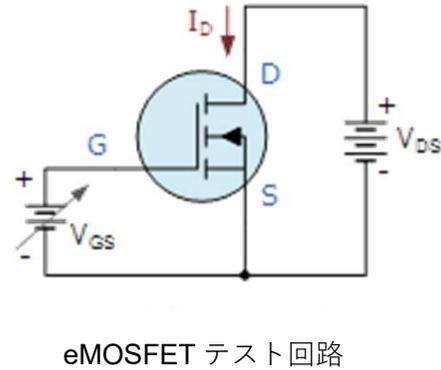
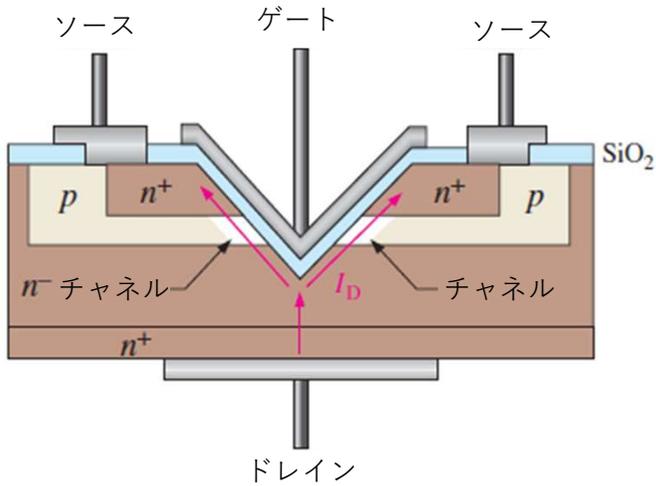
Nチャンネル



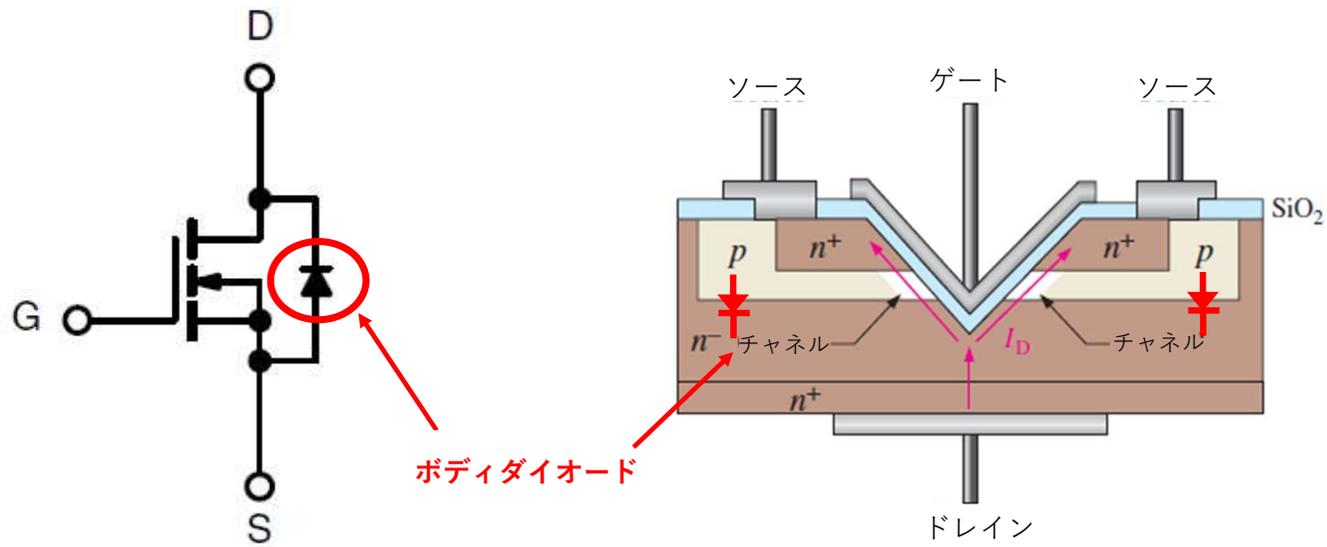
Pチャンネル



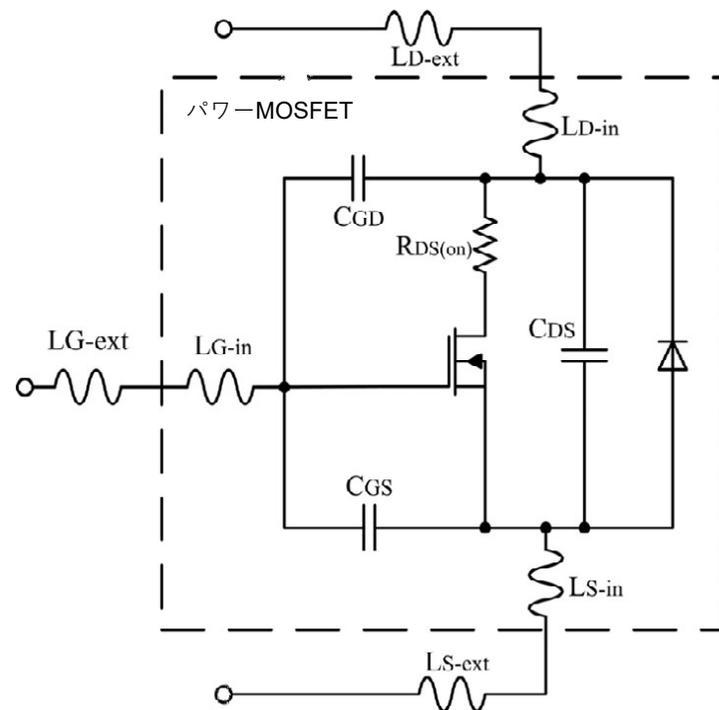
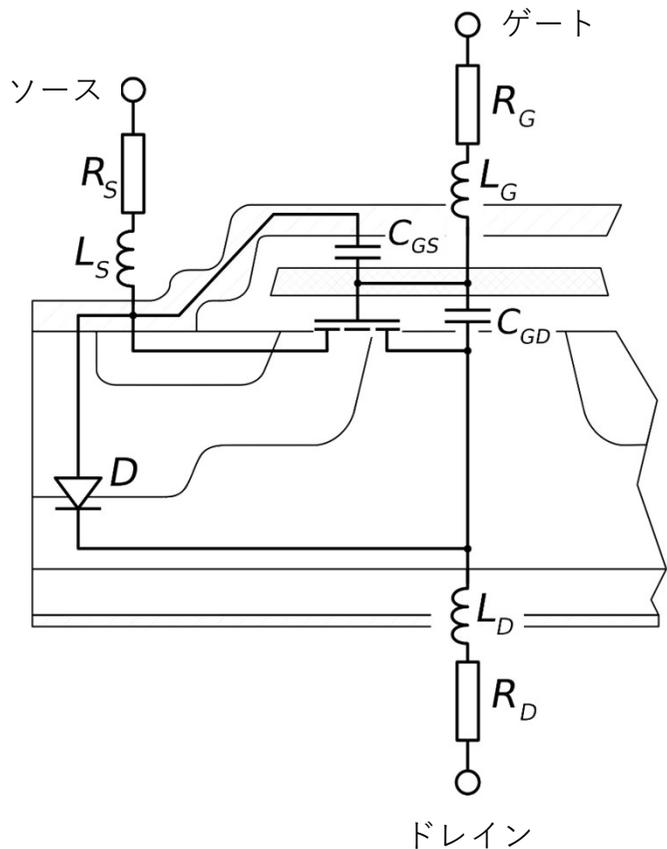
MOSFETの構造



ボディダイオード



NチャンネルパワーMOSFETの簡略化モデル



データシート上の仕様と全体のゲートチャージ

$$1 \text{ Coulomb} = 6.28 \times 10^{18} \text{ Electrons}$$

that is:

$$6,280,000,000,000,000,000$$

ELECTRONS

$$Q = CV \text{ (チャージ} = \text{静電容量} \times \text{電圧)}$$

$$I = Q/t \text{ (電流} = \text{チャージ} / \text{時間)}$$

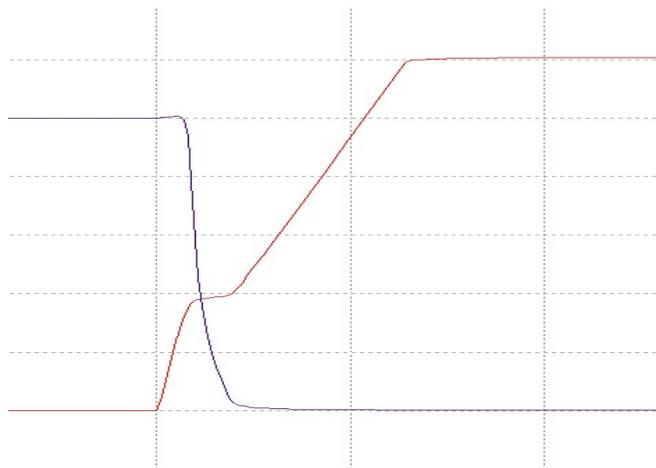
IPP015N04N

VDS max	40.0 V
RDS (on) (@10V) max	1.5 mΩ
ID (@25° C) max	120.0 A
Ptot max	250.0 W
Ciss	15000.0 pF
Coss	4000.0 pF
QG (typ @10V)	188.0 nC
VGS(th) min / max	2.0 V / 4.0 V

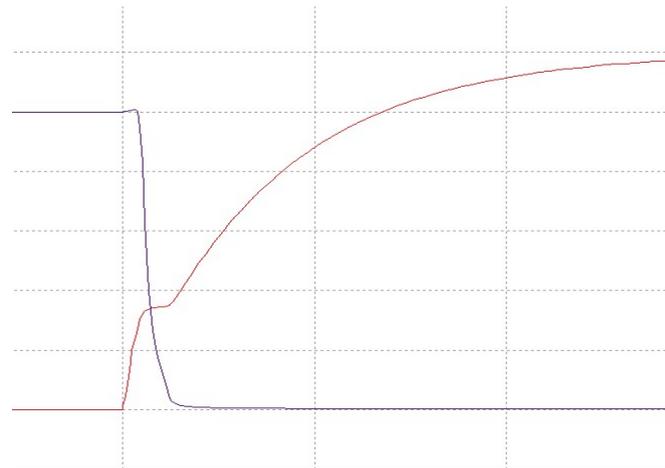
C_{ISS} - 入力静電容量
(ゲート-ソース間 + ゲート-ドレイン間)

Q_G - 総ゲートチャージ

ゲートを制御する: 定電流 vs. 直列抵抗



1 アンペア定電流ゲートドライブ
(100nC / 赤 = ゲート、紫 = ドレイン、200nS/div)

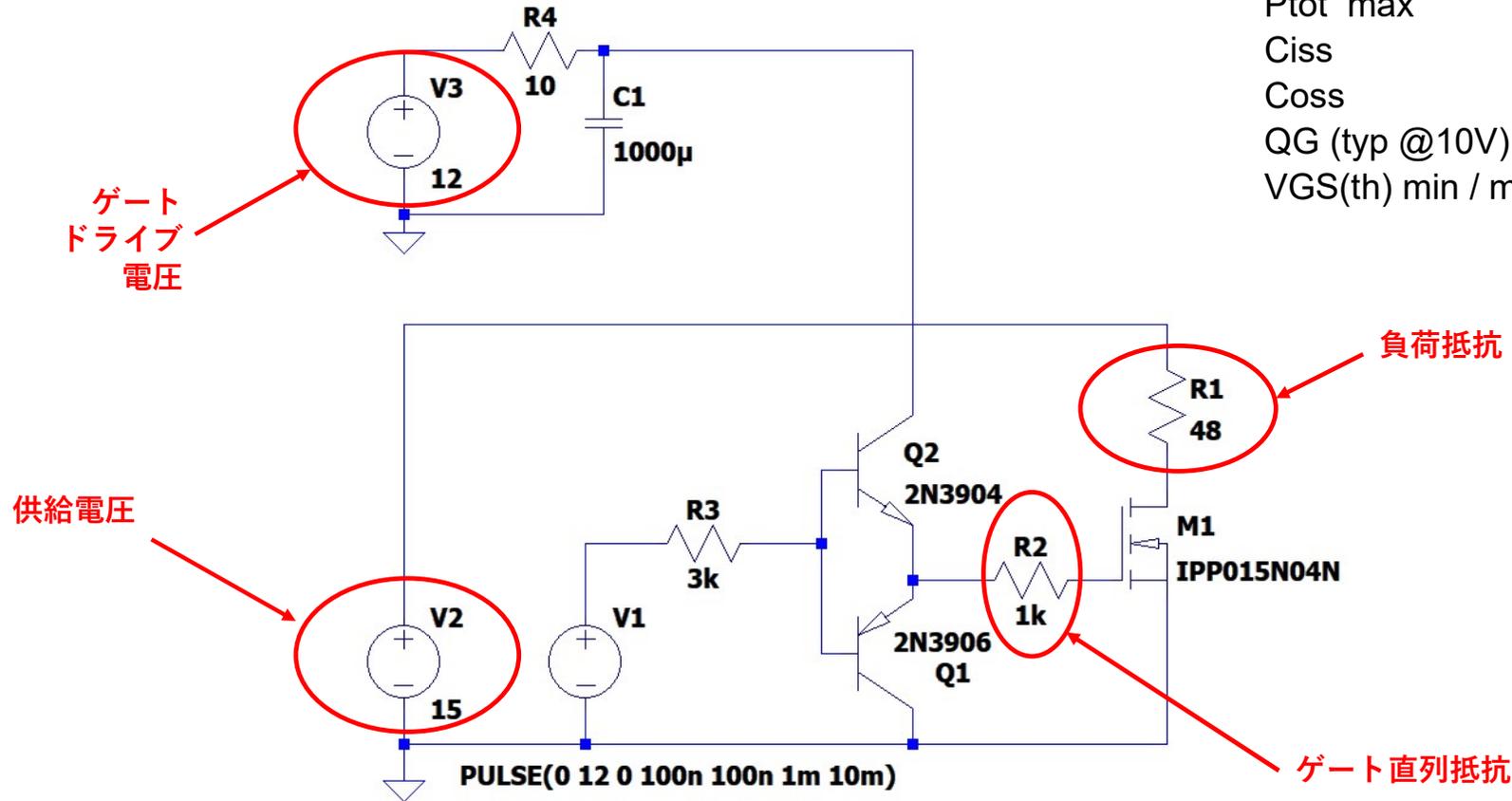


12Ωの直列抵抗をともなう12Vのゲートドライブ
(100nC / 赤 = ゲート、紫 = ドレイン、200nS/div)

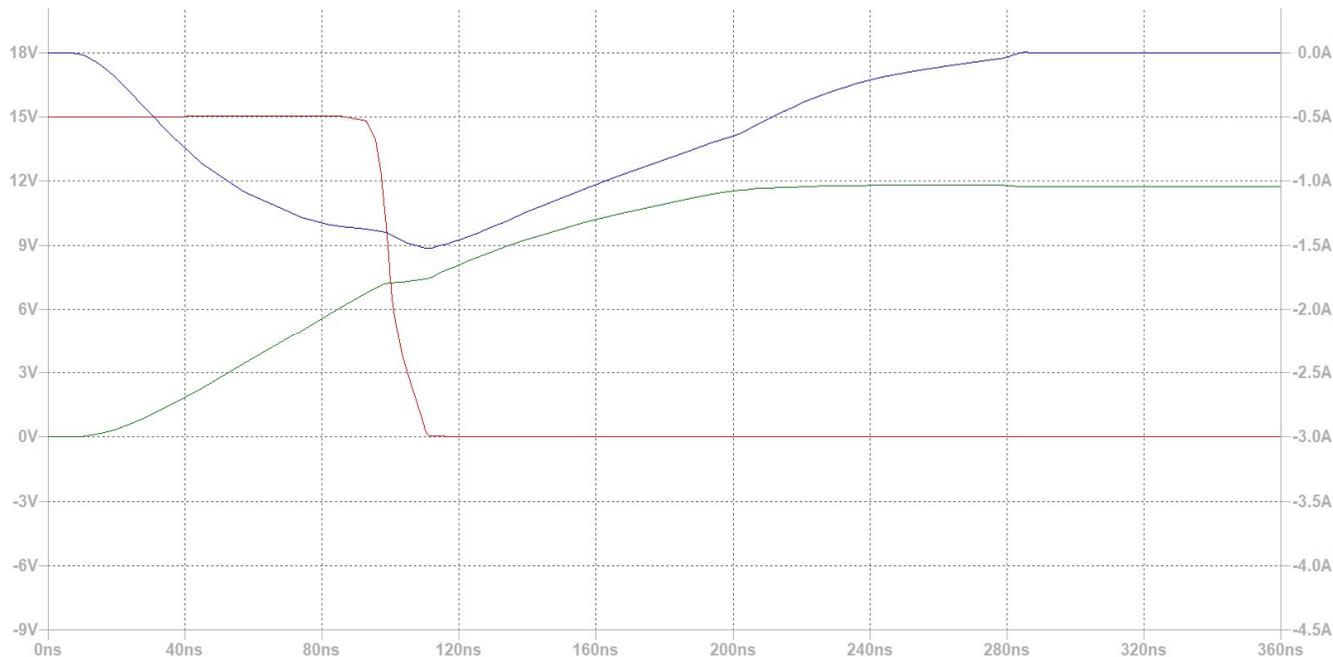
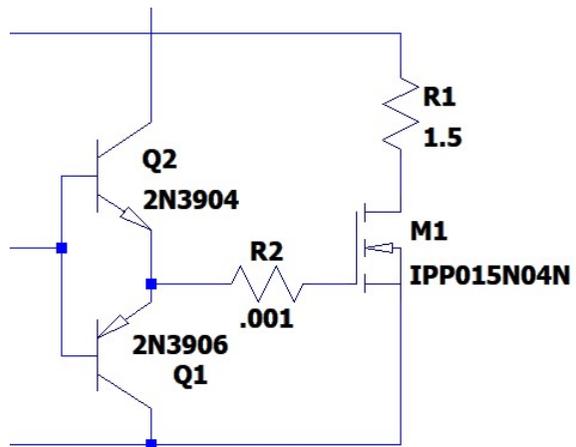
ゲートを制御する

IPP015N04N

VDS max	40.0 V
RDS (on) (@10V) max	1.5 mΩ
ID (@25° C) max	120.0 A
Ptot max	250.0 W
Ciss	15000.0 pF
Coss	4000.0 pF
QG (typ @10V)	188.0 nC
VGS(th) min / max	2.0 V / 4.0 V

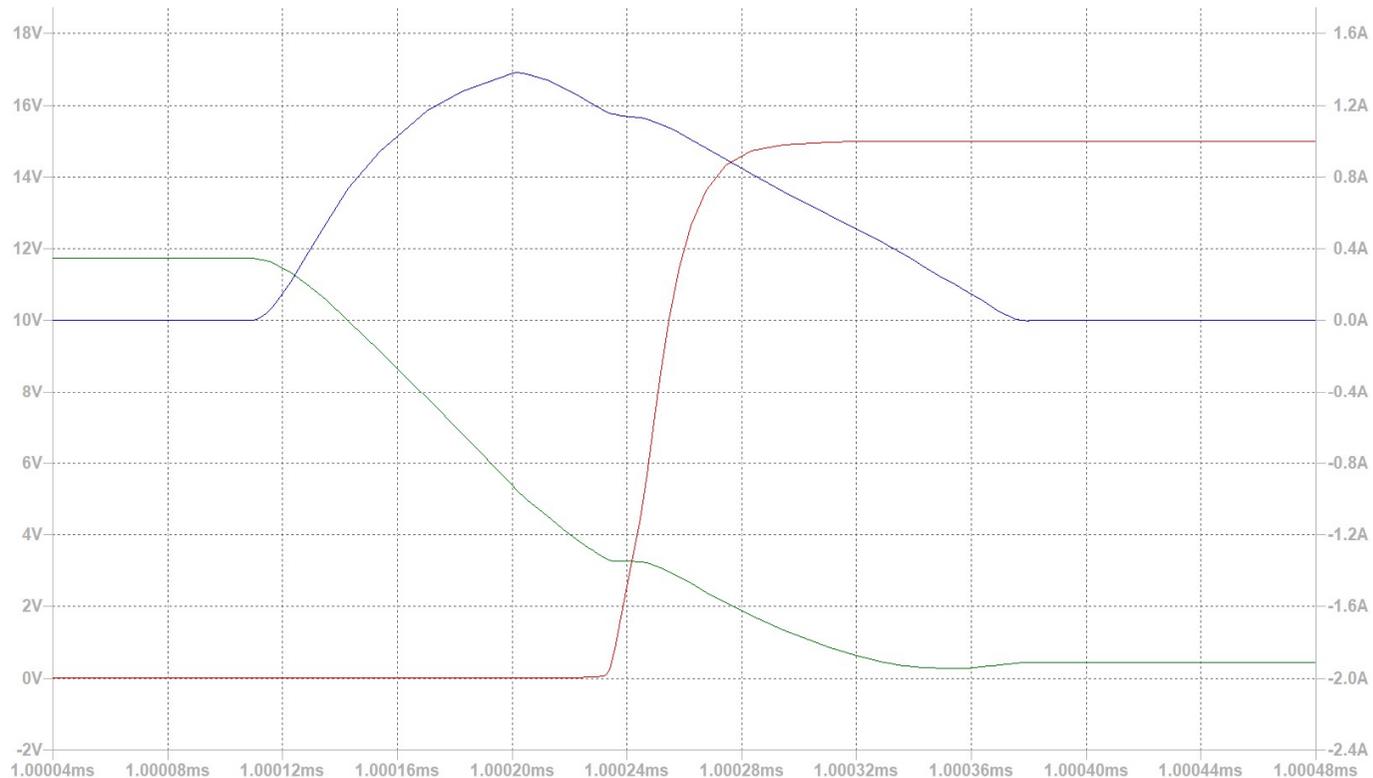
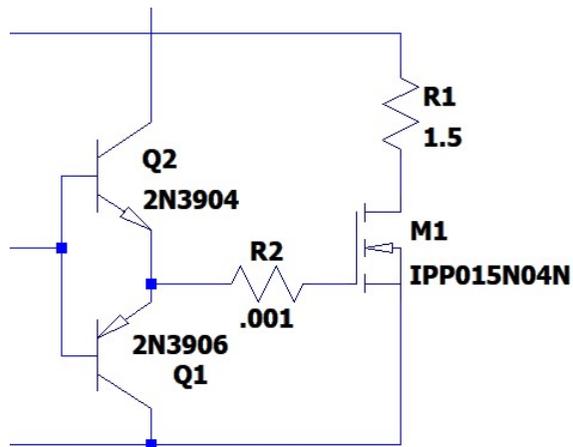


低抵抗のゲートドライブ



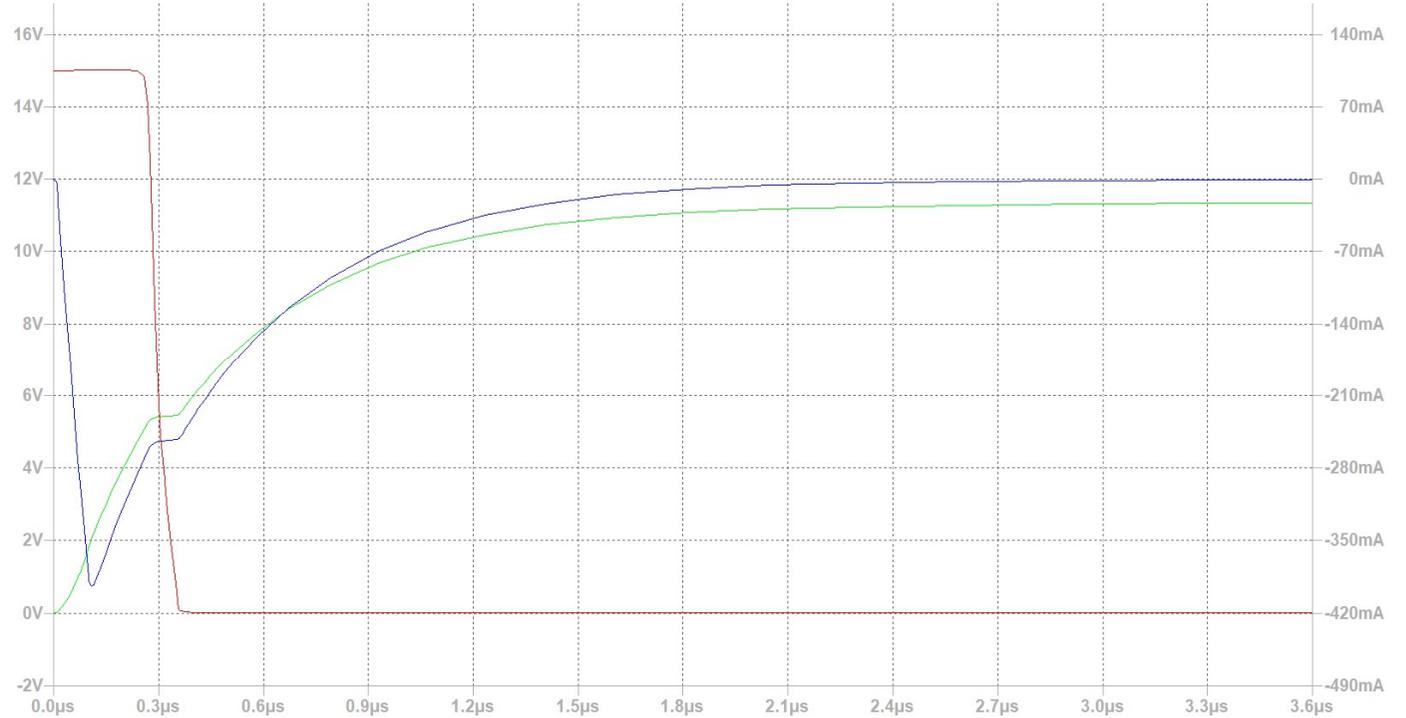
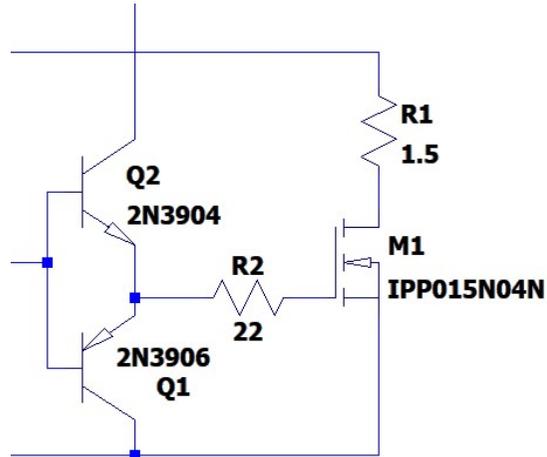
赤: ドレイン電圧
緑: ゲート電圧
青: ゲート電流

低抵抗のゲートドライブ



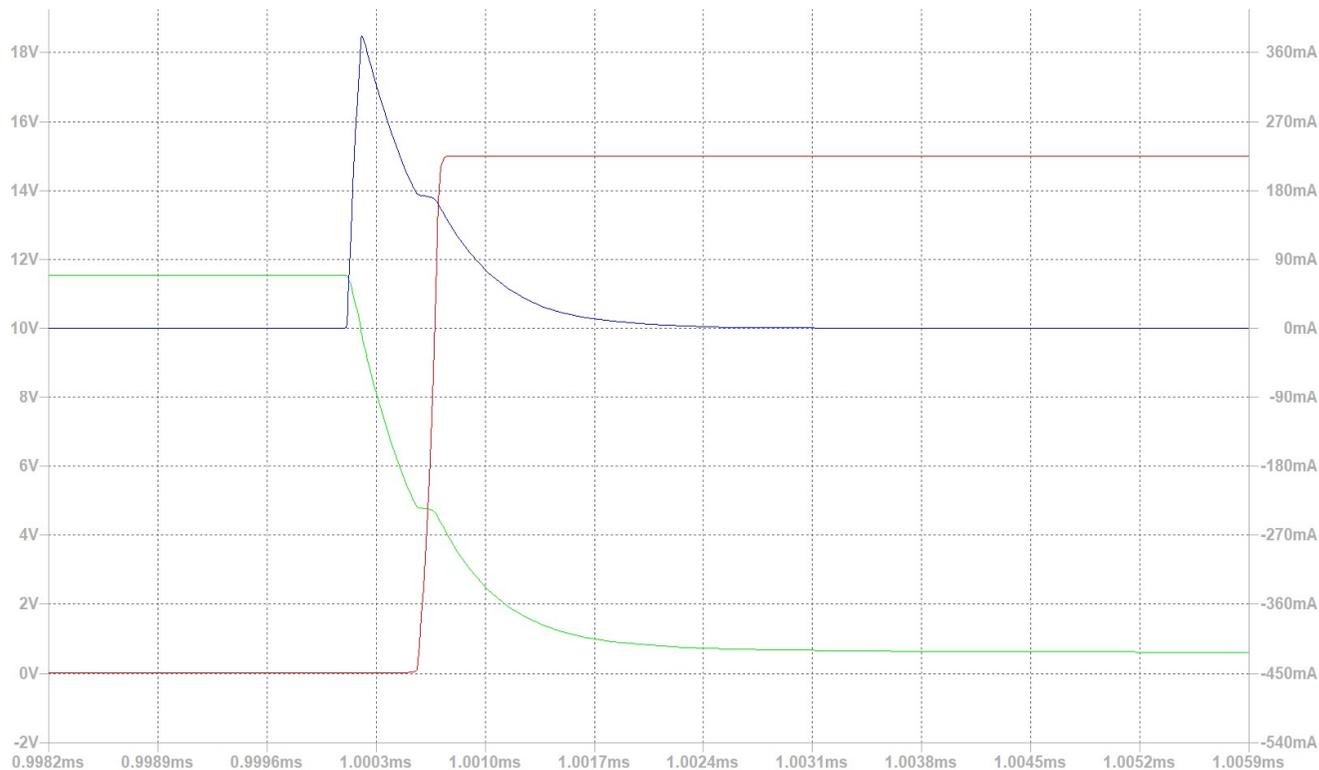
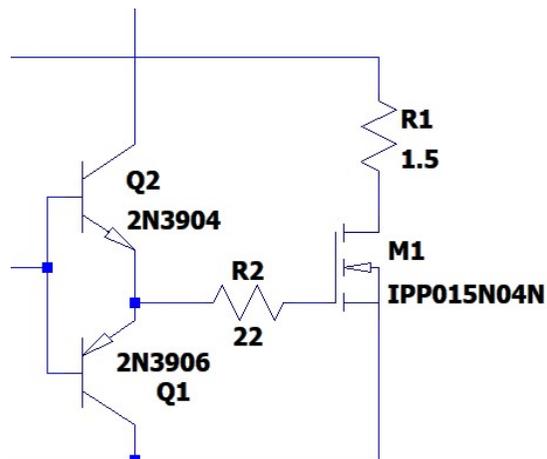
赤: ドレイン電圧
緑: ゲート電圧
青: ゲート電流

直列抵抗を追加



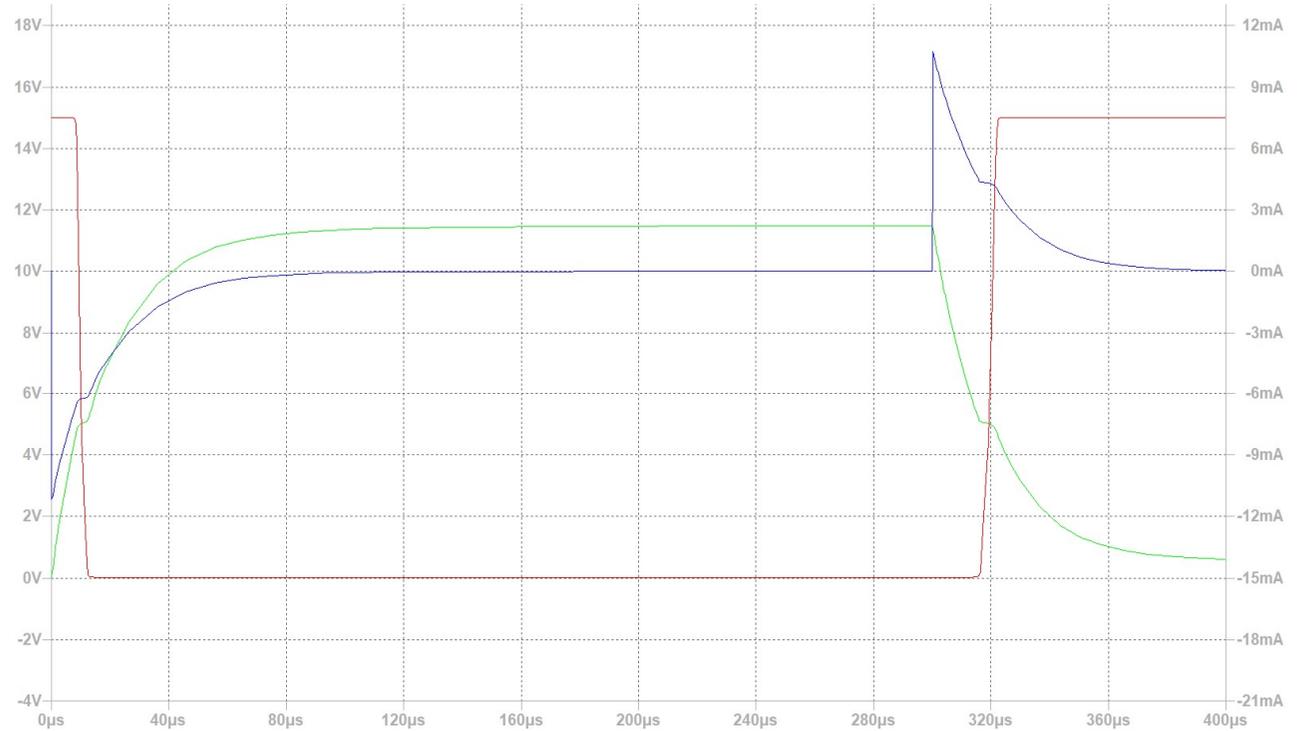
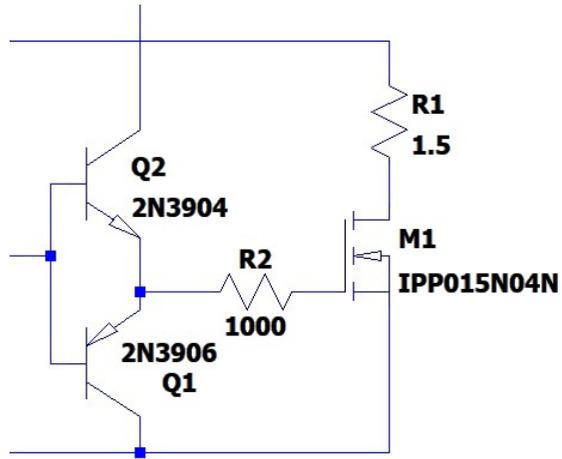
赤: ドレイン電圧
緑: ゲート電圧
青: ゲート電流

直列抵抗を追加



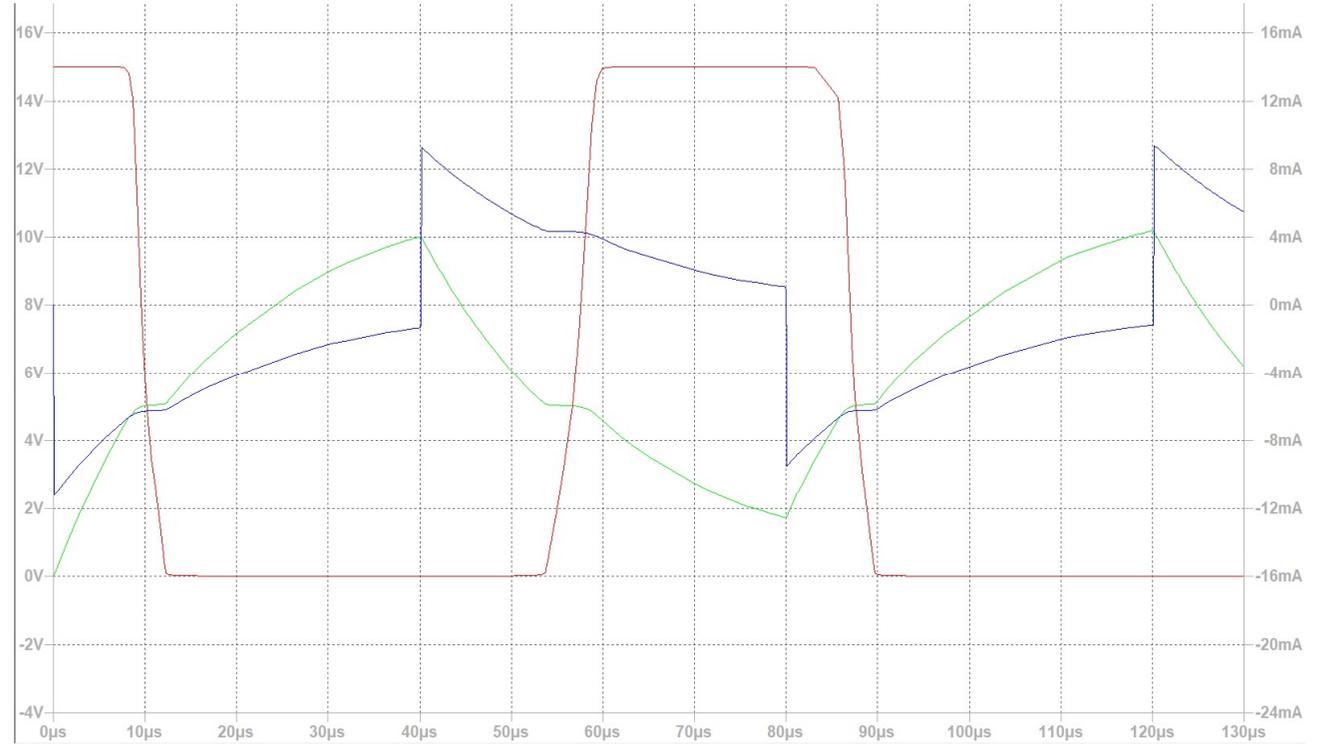
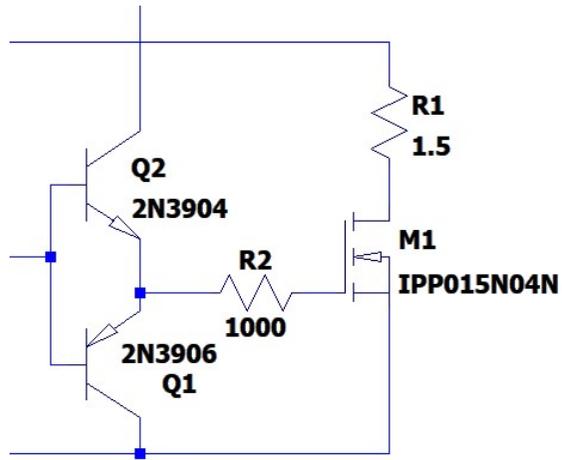
赤: ドレイン電圧
緑: ゲート電圧
青: ゲート電流

直列抵抗が大きすぎると



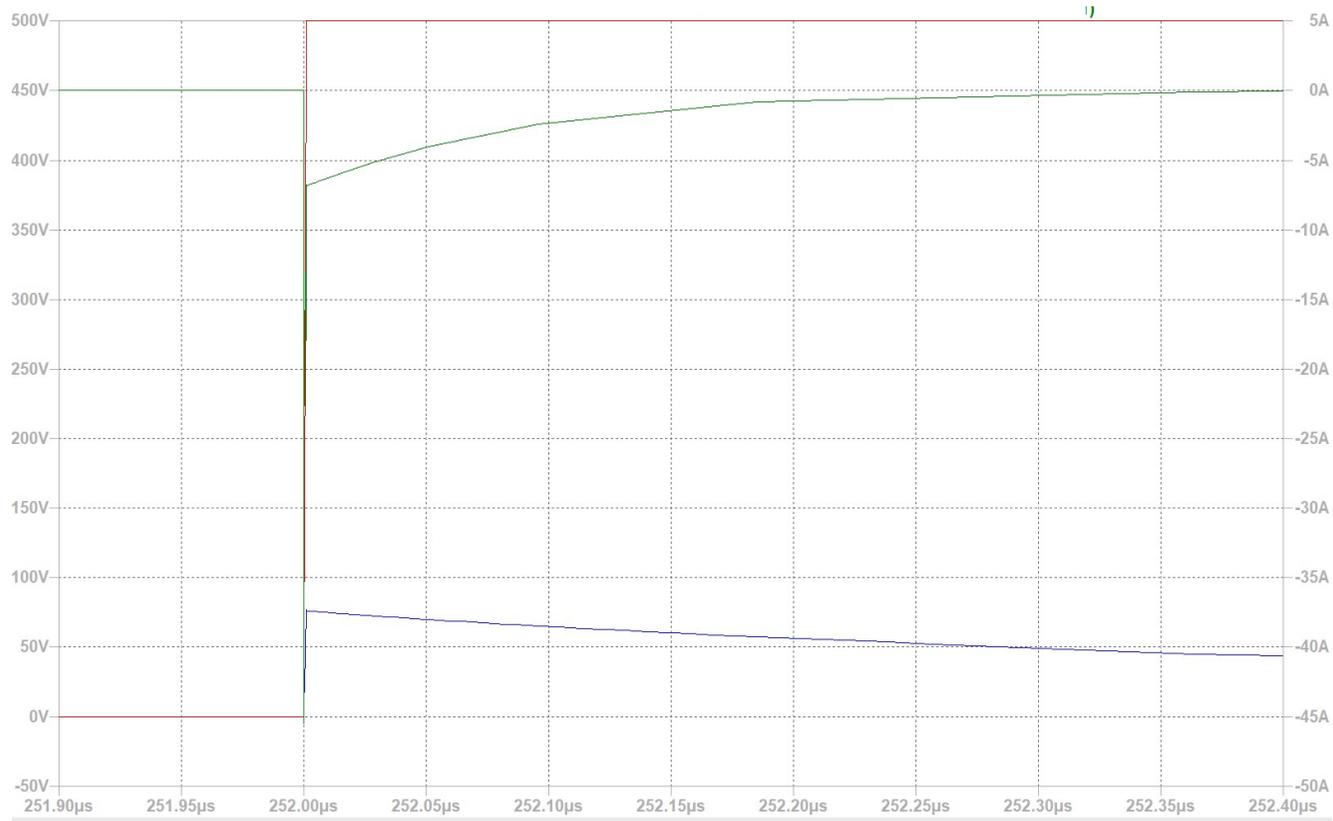
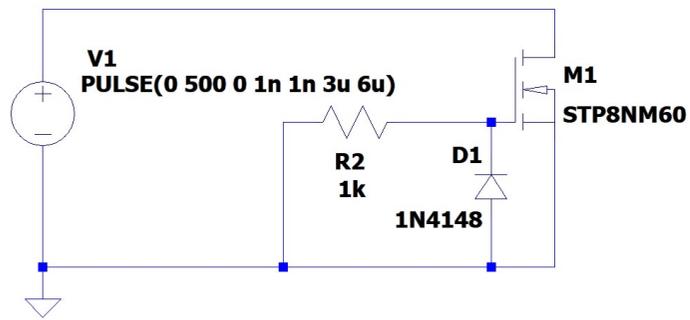
赤: ドレイン電圧
緑: ゲート電圧
青: ゲート電流

直列抵抗が大きすぎると



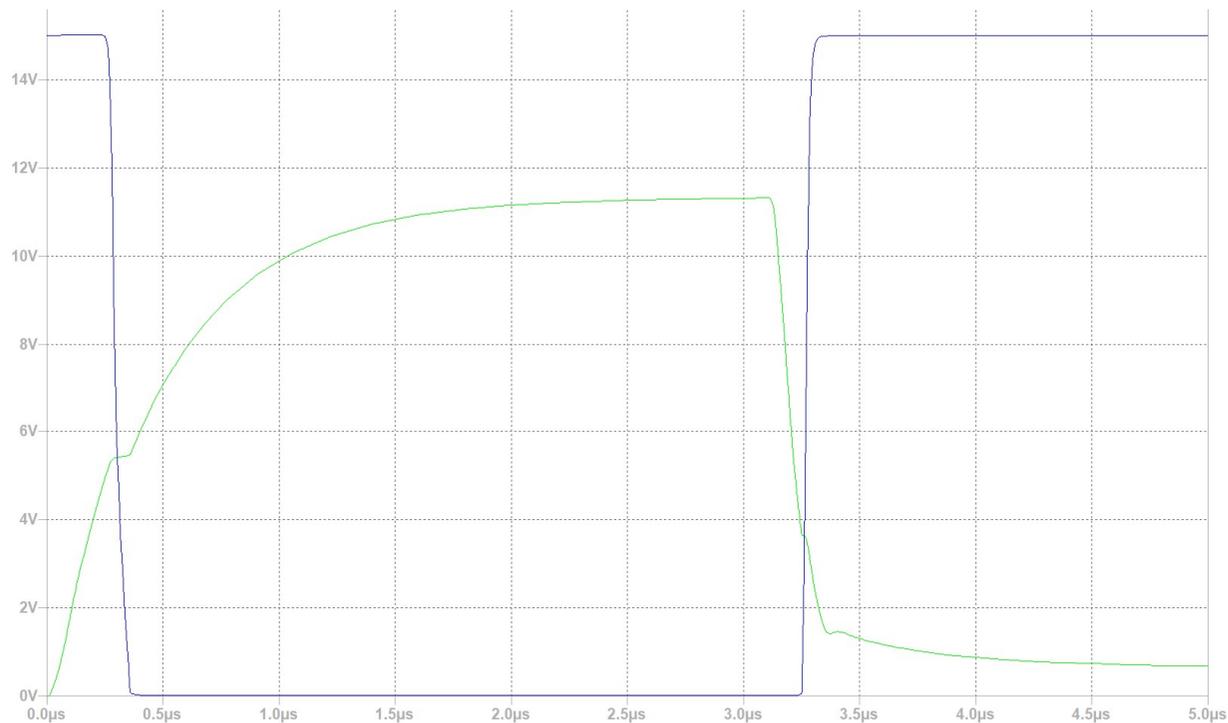
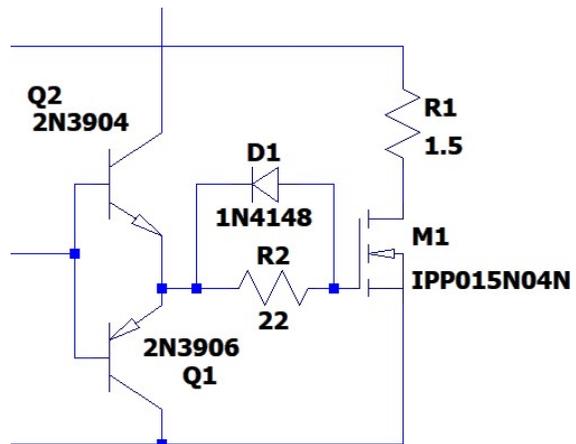
赤: ドレイン電圧
緑: ゲート電圧
青: ゲート電流

ドレイン電圧による間違った駆動



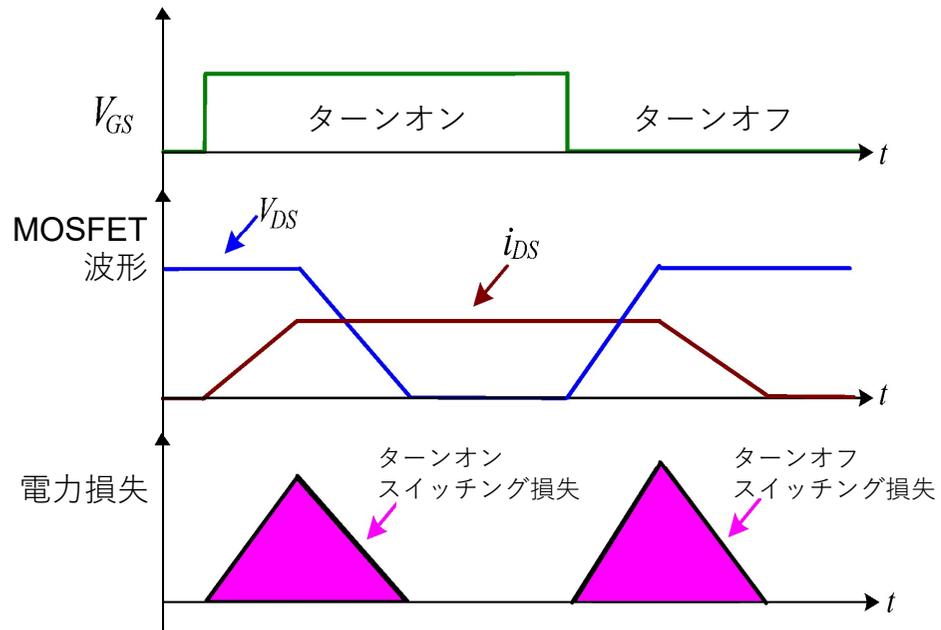
赤: ドレイン電圧
青: ゲート電圧
緑: ドレイン電流

非対称ゲートドライブ



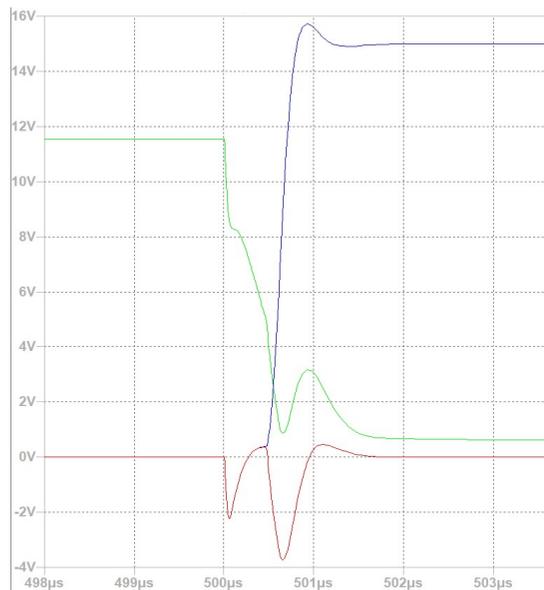
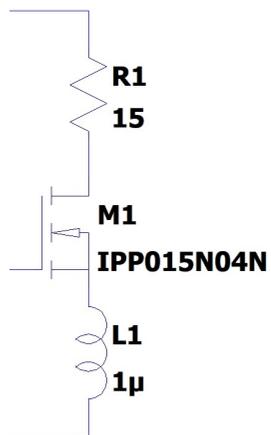
青: ドレイン電圧
緑: ゲート電圧

MOSFETのスイッチング速度

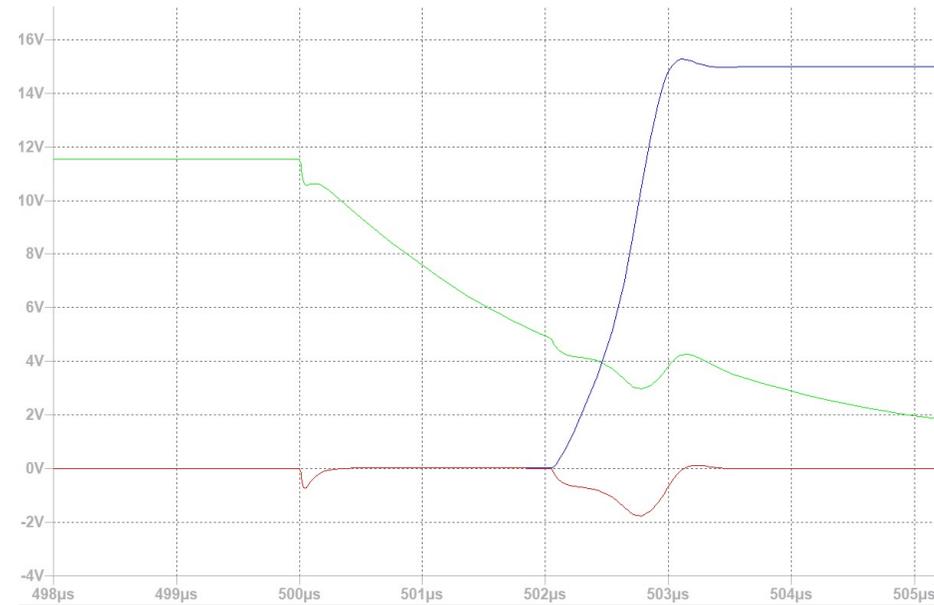


(a)

なぜゲート電圧のTrTfが遅くなるのか？



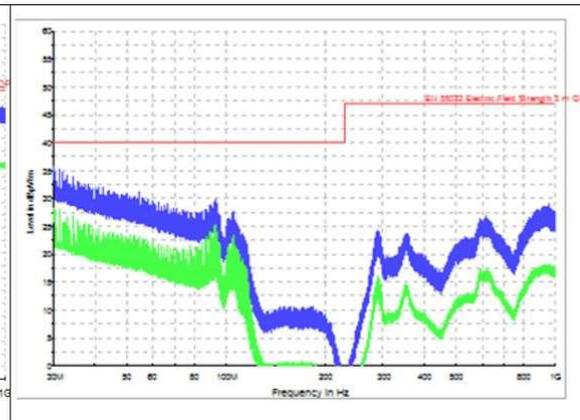
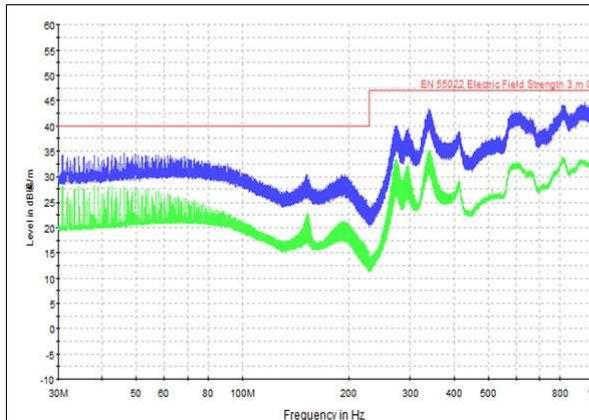
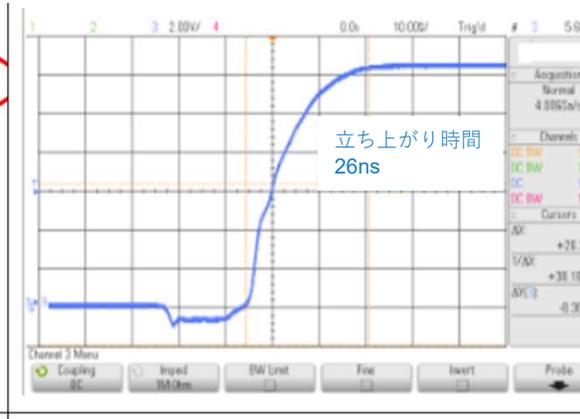
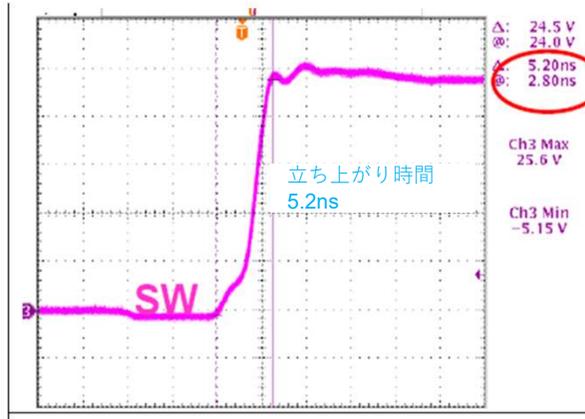
速い



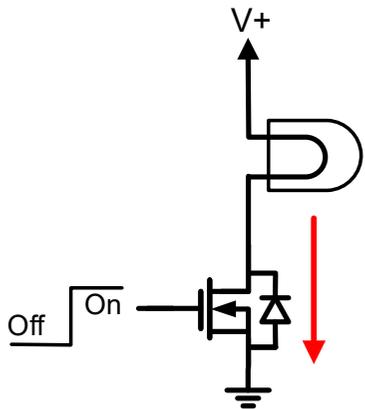
遅い

緑: ゲート電圧
青: ドレイン電圧
赤: ソース電圧

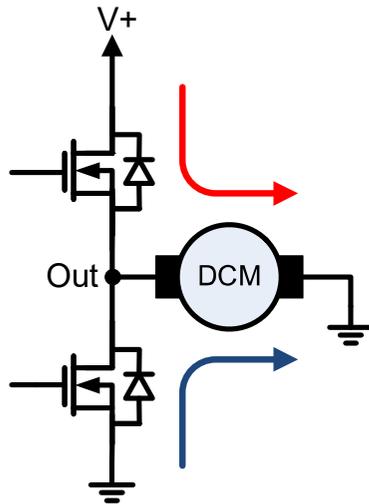
EMIに関する懸念事項



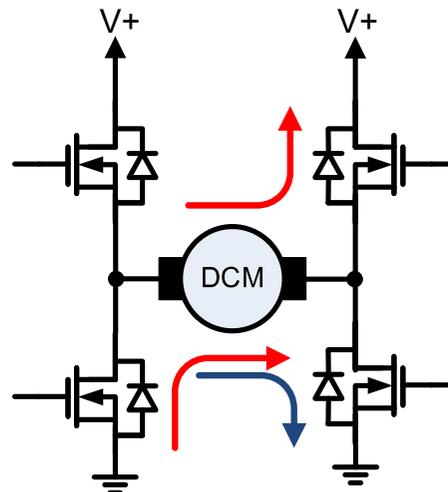
パワードライブ回路



ローサイド



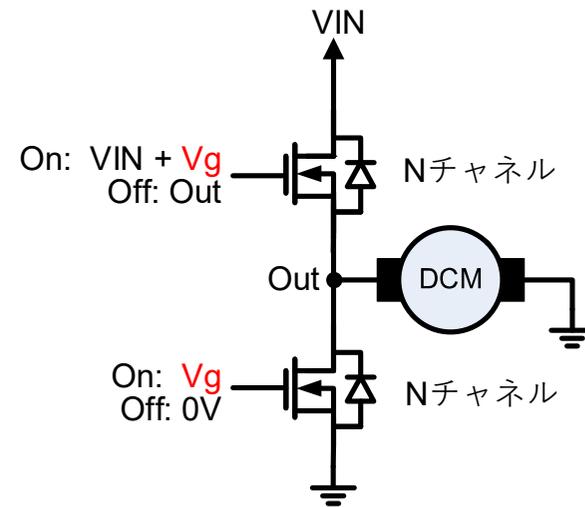
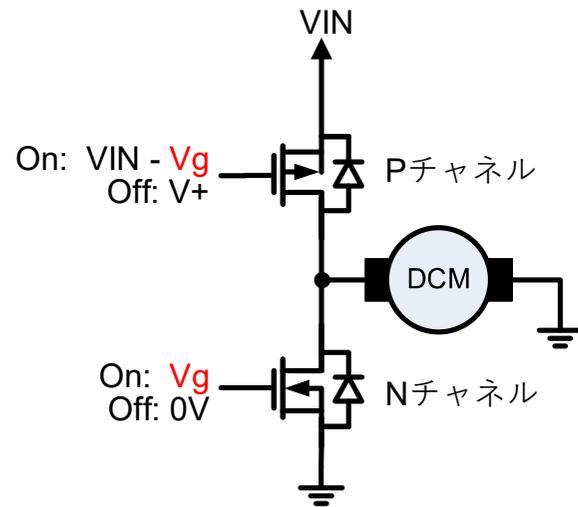
ハーフブリッジ



Hブリッジ

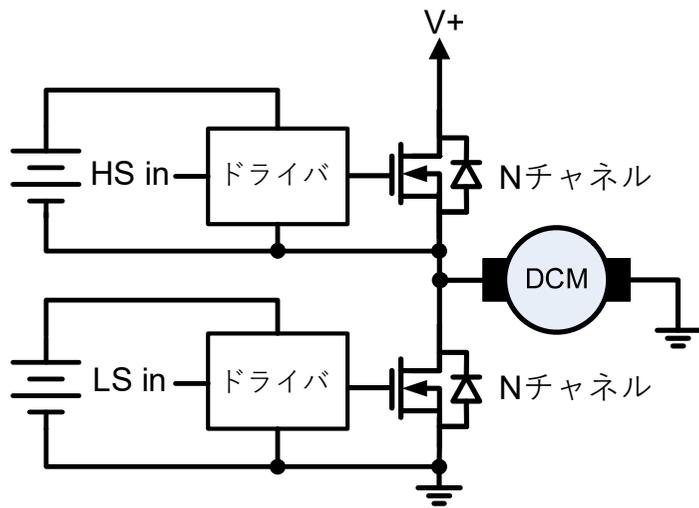
赤: PWM オン
青: PWM オフ

ハーフブリッジ: NとP

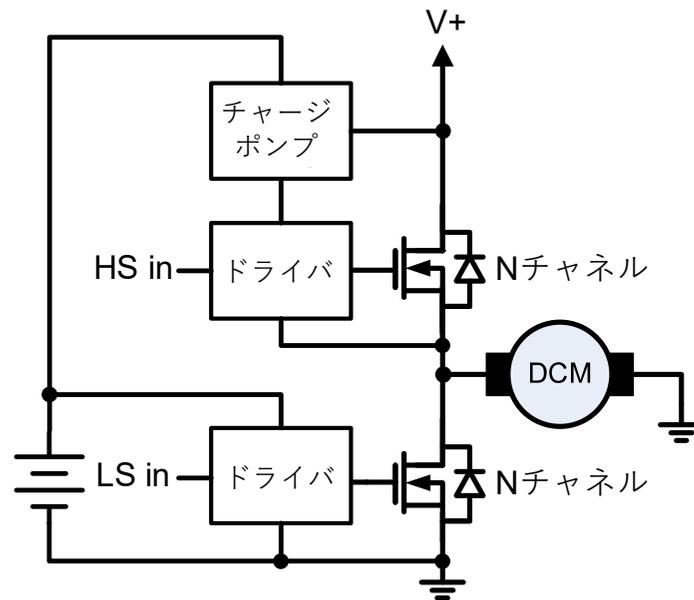


V_{IN} - 負荷供給電圧
 V_g - ゲートドライブ電圧

ハイサイドゲートドライブ

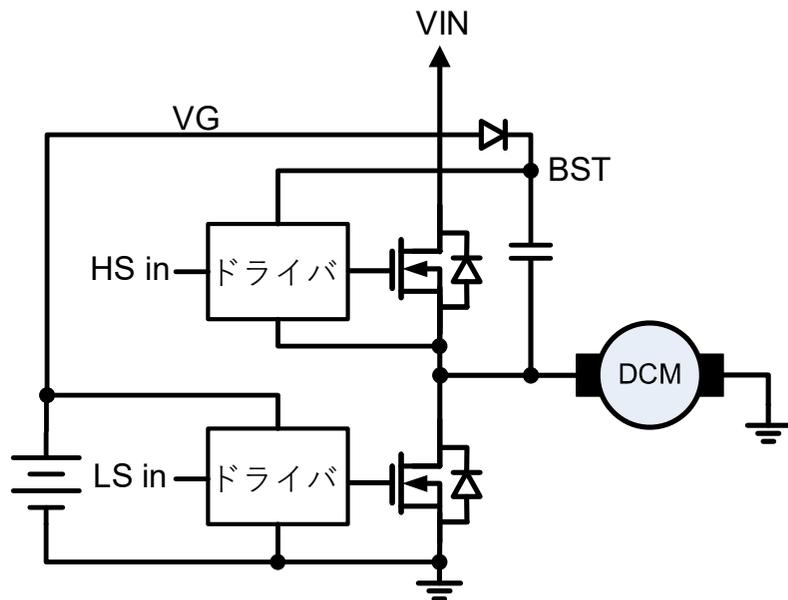


絶縁型ハイサイドサプライ

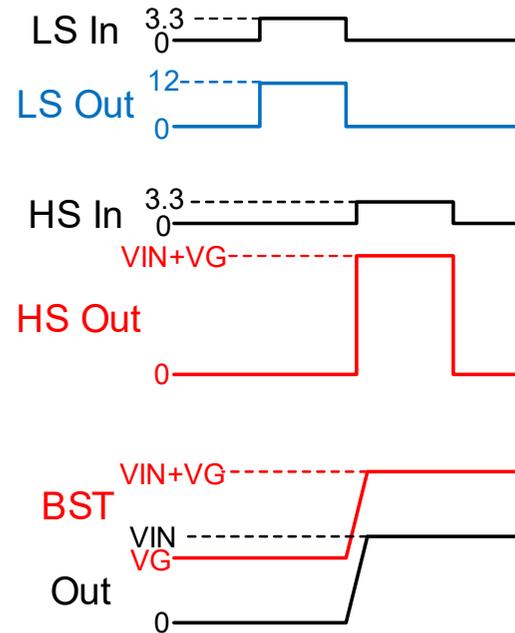


チャージポンプ型ハイサイドサプライ

ブートストラップ型ゲートドライブ



ブートストラップ型ハイサイドサプライ



- 覚えておきたいこと:
 - 機能する電源回路を実装するためにどのようにMOSFETが機能するか理解する
 - スルーレート、過渡電流、EMIを制御するためにゲートドライブを最適化する
 - 寄生インダクタンスやインピーダンスを考慮して、注意深くPCBを設計する

ありがとうございました